



E/CONF.39/A/315

1 Nov.1962

ORIGINAL : ESPAÑOL

**CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS**

Punto del programa : A.3.2.2

Argentina

**PRONOSTICOS DE ESCURRIMIENTO
EN RIOS ARGENTINOS DE REGIMEN NIVAL**

Por Herminio Héctor PEREZ,
Jefe de Recursos Hídricos de Agua
y Energía Eléctrica

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Únicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

PRONOSTICOS DE ESCURRIMIENTO EN RIOS ARGENTINOS DE REGIMEN NIVAL

por Herminio Héctor Pérez

Jefe de Recursos Hídricos de Agua y Energía Eléctrica

1. Generalidades

a) La región del territorio argentino que se extiende al pie de la Cordillera de los Andes es un ambiente físico netamente árido, con precipitaciones del orden de los 200 mm y aún menores. La escasez de las precipitaciones ha hecho necesario el desarrollo de aprovechamientos hidráulicos con fines de regadío los cuales permiten en la actualidad el cultivo de más de 600.000 hectáreas, cuya producción valorable en unos u\$s 190.000.000 anuales, constituye el principal recurso económico de la región.

b) Los sistemas de regadío aprovechan distintos cursos de agua que descienden de la Cordillera, donde se producen precipitaciones de mucho mayor magnitud que en el área pedemontana y bajo la forma preponderante de nieve. El predominio de la nieve se debe a la gran altitud de las cuencas imbríferas y al régimen invernal de las precipitaciones.

c) La utilización de los ríos andinos no se limita al riego solamente pues también constituyen un importante recurso hidroeléctrico. En la actualidad la potencia instalada sobre estos sistemas fluviales es de 135.000 kw; en construcción se hallan 270.000 kw y existen proyectos concretos de aprovechamiento de más de 2 gw.

d) El valor e influencia socioeconómica de los recursos hídricos superficiales de la región andina explica los esfuerzos volcados a estudios e investigaciones de distinta índole que conduzcan al mejor conocimiento y más integral explotación de los mismos. Uno de los estudios tendientes a cumplir tales propósitos es el que se refiere a la predicción a largo plazo de los aportes fluviales.

e) Esta monografía tiene la finalidad de informar brevemente sobre distintos aspectos de la elaboración de pronósticos de escurrimiento en la República Argentina, tales como sus fundamentos, antecedentes, organización, cuencas en estudio, utilidad, técnicas operativas, resultados, etc.

2. Fundamentos

a) Los pronósticos de escurrimiento se basan en que estando los ríos primordialmente alimentados por nieve y existiendo un desfase

je entre causa y efecto, vale decir entre la ocurrencia de la precipitación y el incremento de los caudales que a ella responden, una evaluación de la cubierta nevada hara posible conocer los aportes del río con cierta seguridad y con suficiente anticipación.

b) La evaluación de la cubierta nevada puede obtenerse a través de mediciones directas de nieve, durante el período de acumulación de la misma y que luego son correlacionadas con los respectivos escurrimientos fluviales que se originan de la fusión nival.

3. Antecedentes

a) Los estudios de nieve con miras a la emisión de pronósticos dieron comienzo en la República Argentina hace unos 25 años pero durante los primeros 10 años tuvieron caracter preliminar y no sistemático, restringiéndose a reconocimientos limitados de áreas nevadas, instalación de nivómetros, construcción de refugios y sendas de acceso, etc. En 1948 visita el país el Dr. James E. Church, verdadero precursor de estas técnicas de predicción y en compañía del Ing. Dagoberto A. Sardina, a quien debe señalarse igual mérito en el orden nacional, realizan un prolongado reconocimiento de todas las cuencas cordilleranas. Este reconocimiento permitió la elaboración de un completo informe que sirvió para sentar las bases de organización de un servicio de pronóstico, como dependencia de la empresa estatal Agua y Energía Eléctrica y bajo la jefatura del Ing. Sardina.

b) En 1949 se inician las mediciones directas de nieve según el método sugerido por el Dr. Church, comenzándose por la cuenca del Río San Juan e incrementándose progresivamente a otras cuencas con el fin de ampliar el área sujeta a predicciones.

c) En 1953 fallece el Ing. Sardina al ser sepultado por un alud de nieve mientras encabezaba una comisión invernal de mediciones nivométricas en el Valle de los Patos.

d) La emisión oficial de pronósticos se inicia en 1953 con la cuenca del Río San Juan y se amplía en 1954 a los ríos Mendoza y Atuel, en 1956 al Río Colorado, en 1958 a los ríos Tunuyán y Diamante, en 1959 al río Limay y en 1961 al Río Neuquén.

4. Cuencas fluviales en estudio

a) En la actualidad el área para la cual se emiten pronósticos cubre la totalidad de las cuencas que drenan la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 29° y 41° de latitud Sur y que son de N a S las correspondientes a los ríos San Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, Colorado, Neuquén y Limay. Con excepción de los dos últimos cursos de agua, los demás son de régimen exclusivamente nival, con máximos de primavera-verano y mínimos de otoño-invierno.

b) Los ríos Neuquén y Limay tienen una alimentación mixta pluvionival y ello se debe a que pese a la mayor latitud de estas cuencas, el brusco descenso de la altitud de la Cordillera de los Andes que se observa al Sur del paralelo 37°, determina la existencia de lluvias que no se observan en las cuencas más septentrionales. Estos dos ríos tienen dos ondas de crecida, una de invierno debida a lluvias y otra de primavera-verano producida por fusión de la nieve acumulada en invierno.

5. Organización

a) La empresa estatal Agua y Energía Eléctrica, organismo que proyecta, construye y explota servicios de regadío e hidroelectricidad, tiene a su cargo la elaboración de los pronósticos a través de su Sector Recursos Hídricos.

b) A su vez el Sector Recursos Hídricos tiene una División Nivelología que realiza las tareas de campo y gabinete necesarias para la elaboración de las predicciones. El personal permanente afectado a estos trabajos se compone de tres profesionales y un técnico.

c) Las mediciones de nieve se realizan con el empleo de un helicóptero para la mayor parte de las cuencas y tienen lugar en forma periódica durante el invierno. Los valores empleados para la elaboración de los pronósticos corresponden normalmente a la medición que se efectúa a fines de agosto o principios de setiembre, fecha a partir de la cual comienza ya el proceso de fusión de la nieve en las altas cuencas andinas.

d) Los pronósticos para todas las cuencas en estudio se elaboran a mediados de setiembre y son inmediatamente comunicados a todos los organismos interesados en los mismos, los que a su vez realizan la difusión local, asegurando el conocimiento público general. Las previsiones de aportes fluviales se realizan para los lugares de mayor interés en cada cuenca y tales como cabeceras de sistemas de regadío, centrales hidroeléctricas, embalses, etc.

6. Costos

El costo anual de los pronósticos, incluyendo los gastos de personal, equipo, helicóptero, instrumental, etc. alcanza a la suma de u\$s 20.000.-

7. Valores pronosticados

a) Los valores o magnitudes que se pronostican en forma sistemática para todas las cuencas y para cada lugar en particular son los siguientes:

- i) Volumen del período octubre-marzo
- ii) Caudal máximo diario del período
- iii) Probable distribución mensual del volumen estacional
- iv) Relación porcentual del volumen pronosticado con respecto al año anterior y al valor normal.

b) A partir del presente año y para las cuencas de los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel y Colorado se pronosticará también el volumen del período octubre-setiembre; vale decir se elaborará una previsión semestral y otra anual. En el caso del río Limay, además de los valores detallados en a), se realizan también pronósticos de mínimos.

8. Utilidad y aplicaciones

a) El conocimiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno con un margen de seguridad aceptable constituye siempre una circunstancia ventajosa pues permite, cualquiera sea la índole del fe

nómeno y través de medidas o decisiones adecuadas, aprovecharlo plenamente si el evento es beneficioso o reducir sus efectos si es perjudicial. En el caso de los escurrimientos fluviales caben perfectamente tales consideraciones.

b) Concretamente pueden señalarse los siguientes beneficios importantes obtenibles con los pronósticos.

- i) Regulación de las superficies de cultivo: existen miles de hectáreas de riego eventual y cuyo cultivo está condicionado a las mayores disponibilidades de agua. Los pronósticos aseguran su utilización en años de abundancia y evitan esfuerzos y gastos inútiles en años de pobreza de agua.
- ii) Prevención de crecidas: en años excesivos se dispone del tiempo necesario para adoptar medidas de seguridad y prevención que limiten los daños y perjuicios.
- iii) Explotación de centrales hidroeléctricas: los pronósticos aseguran una más eficiente programación de la explotación y de la demanda.
- iv) Aprovechamientos de propósito múltiple: en los embalses que cumplen varias finalidades resulta difícil conciliar los intereses de los distintos usuarios. Por ejemplo los vinculados a la generación hidroeléctrica les interesa mantener los más altos niveles en el embalse, por el contrario, los que temen el efecto de las crecidas insisten en bajar los mismos para asegurar la máxima capacidad de retención. También son frecuentes las controversias derivadas de la distinta distribución de las demandas para riego y energía. Los pronósticos permiten la mejor explotación del sistema y el menor enfrentamiento de intereses opuestos.
- v) Créditos bancarios: la incidencia de las disponibilidades hídricas en el monto y valor de la producción agrícola e industrial, hace que el conocimiento previo de aquéllas permita una regulación adecuada de créditos bancarios y otras financiaciones.
- vi) Muchos otros beneficios deben agregarse a los anteriores, tal vez menos evidentes, pero igualmente significativos y que se vinculan con explotaciones mineras, transportes ferroviarios y carreteros, turismo, actividades comerciales, etc.

9. Operaciones de campo

a) Las mediciones de nieve se realizan en lugares apropiados de nominados "secciones nivométricas". En dichos lugares se repiten todos los años cateos en puntos fijos que tienen por objeto determinar el contenido medio de agua de la nieve. El instrumental empleado, similar al utilizado en los Estados Unidos, es del tipo Mount Rose.

b) Hasta 1960 el acceso a las secciones nivométricas se realiza-

ba a lomo de mula y en la mayor parte del trayecto a pie o con esquíes. Aún cuando se disponía de una adecuada red de refugios, las grandes distancias a recorrer, la hostilidad del medio, la posibilidad de aislamiento por temporales o avalanchas de nieve y los peligros de enfermedades o accidentes con remotas posibilidades de rápido auxilio, exigían del personal afectado a la realización de las mediciones, esfuerzos y vocación considerables. Sin duda la faz de las operaciones de campo era la etapa más dificultosa de los estudios nivológicos.

c) A partir de 1961 y luego del ensayo de medios mecánicos terrestres de acceso que mostraron una utilidad limitada por las condiciones topográficas adversas, fue empleado un helicóptero para llegar a los sitios de medición. Este nuevo medio de acceso mejoró notablemente las condiciones operativas y permitió la ampliación de la red de secciones nivométricas, reducción de costos de operación, seguridad de acceso aún en años extremadamente ricos de nieve, eliminación de penurias, disminución de riesgos y limitación del personal necesario para realizar las mediciones.

d) En la actualidad los pronósticos se basan en las mediciones obtenidas en una red de 25 secciones nivométricas y se complementan con observaciones que se realizan en la vertiente chilena. Si bien es reducido el número de sitios de medición frente a la enorme amplitud del área en estudio, las secciones nivométricas observadas han mostrado ser suficientemente representativas de las precipitaciones que tienen lugar en la Cordillera.

10. Correlaciones nivofluviales

a) La correlación entre las reservas de nieve de cada cuenca o un índice de ellas, obtenido a través de las mediciones en las secciones nivométricas y los correspondientes aportes fluviales, fue realizada empleando distintas técnicas o procedimientos que se adecuaban a la información disponible y a la constante evolución de los conocimientos específicos, resultante de un estudio más profundo de los problemas y a lo que la misma experiencia acumulada aconsejaba.

b) En un principio y ante la falta de suficiente información los pronósticos se calcularon en base a una simple relación directa entre caudales y mediciones de nieve del año pronosticado e iguales variables del año o años anteriores. Cuando se pudo contar con una serie de valores sucesivos de caudales y mediciones de nieve, se calcularon ecuaciones de correlación entre ambas variables.

c) Las correlaciones nivofluviales empleadas vinculan en cada cuenca el contenido de agua de la nieve correspondiente a la medición realizada en el momento de máxima acumulación en una o más secciones nivométricas con los posteriores derrames fluviales para el período octubre-marzo y octubre-setiembre. En algunos casos especiales se introducen algunas otras variables en la correlación y tales como el caudal del invierno previo a la estación de pronóstico. También se ha conseguido mejorar algunas correlaciones introduciendo índices de la evaporación de la nieve.

d) Para los pronósticos del escurrimiento del Río Limay se emplea una técnica distinta que no se basa en mediciones directas de nieve como en el resto de las cuencas. Las previsiones se realizan por empleo de una correlación múltiple cuya variables independientes

son los caudales de invierno previo, las temperaturas invernales y el almacenamiento lacustre y subterráneo. Este método especial se justifica por la complejidad del funcionamiento hidrológico de la cuenca del Limay, cuyos caracteres especiales la distinguen de los otros ríos.

e) Las predicciones de los caudales máximos se efectúan en base a correlaciones calculadas entre volumen y pico de la onda de crecida. Estas correlaciones son bastantes ajustadas si bien pueden esperarse errores de mayor significación que los que resultan de los pronósticos de volumen.

f) El pronóstico de la distribución mensual del volumen estacional es bastante inseguro a la fecha de emisión de las predicciones pues tal distribución está asociada a condiciones meteorológicas imprevisibles en tal oportunidad. Sin embargo es posible reajustar los pronósticos durante la misma estación de pronósticos y al ir conociendo la marcha de las temperaturas, insolación, etc.

11. Resultados

a) Los resultados obtenidos hasta el presente en los pronósticos de escurrimiento deben estimarse como muy satisfactorios, pudiendo esperarse que mejoren aun en el futuro, a la luz del mayor y mejor conocimiento de los factores condicionantes del relacionamiento nivel fluvial y de las posibles causas de distorsión. Prueba de ello es que las correlaciones últimamente calculadas han permitido mejorar notablemente la seguridad de las predicciones.

b) Desde 1953 a la fecha se han emitido oficialmente 40 pronósticos de volúmenes estacionales para las distintas cuencas en estudio con la siguiente distribución de errores porcentuales entre lo real y lo previsto:

de 0% a 10% de error:	15 pronósticos	= 38% del total
" 10% " 20% " " :	17 " "	= 42% " "
más del 20% " " :	8 " "	= 20% " "

c) Si se toman en cuenta las correlaciones actuales vale decir las que serán empleadas para la estación de pronóstico primavera-verano 1962/63, los desvíos porcentuales acusan la siguiente distribución sobre un total de 73 valores:

de 0% a 10% de error:	55 valores	= 75 % del total
" 10% " 20% " " :	17 " "	= 24 % " "
más de 20% " " :	1 " "	= 1 % " "

d) También han mostrado ser muy precisas las correlaciones nivel fluviales anuales (7.b.) pues sobre un total de 42 valores se observa:

de 0% a 10% de error:	37 valores	= 88% del total
" 10% " 20% " " :	5 " "	= 12% " "

- - - - -

